

LI НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА
ПО ХИМИЯ И ОПАЗВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА

Областен кръг, 16 февруари 2020 год.

Групи III и IV

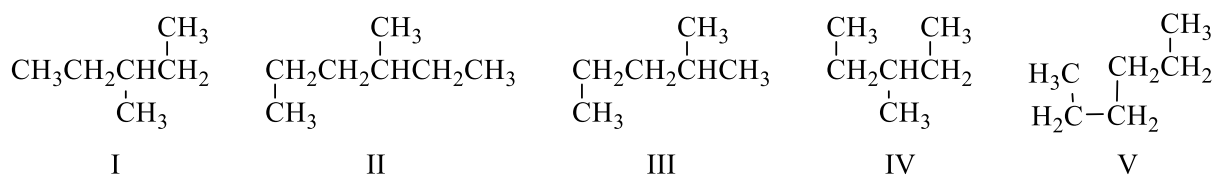
ВЪПРОСИ И ЗАДАЧИ

III Група

ЧАСТ ПЪРВА

- 1 В кой ред всички вещества са с йонен строеж?
 - а) NaH, MgH₂, H₂O, CH₄;
 - б) NH₃, BaH₂, MgSO₄, CO₂;
 - в) LiH, Ba(NO₃)₂, Na₂S, CsCl;
 - г) CO₂, H₂O, NH₃, HCl.
- 2 В кой ред всички съединения са изразени с правилни химични формули?
 - а) NaCl, HCl, Ba₂O₃, NH₃;
 - б) MgCl₂, Cl₂O₇, H₂O₂, SO₄;
 - в) I₂O₇, OF₂, HClO, HClO₂;
 - г) SO₃, SrSO₂, Na₂O₂, N₂O₅.
- 3 Между коя двойка вещества не протича химична реакция?
 - а) K₂O и CO₂;
 - б) Na₂O и CO;
 - в) CaO и H₂CO₃;
 - г) Mg(OH)₂ и H₂CO₃.
- 4 Продуктите на коя от реакциите не са сол и вода?
 - а) Na₂O + HNO₃ →
 - б) KOH + CO₂ →
 - в) Mg + HCl →
 - г) NaOH + HCl →
- 5 Кое твърдение за халогенирането на алканите е НЕВЯРНО?
 - а) Реакцията е заместителна.
 - б) Реакцията протича под действието на светлина.
 - в) Реакцията протича по верижно-радикалов механизъм.
 - г) Единствените органични продукти на реакцията са монохалогенопроизводни.
- 6 В готварската сол:
 - а) броят на натриевите йони е по-голям от този на хлоридните;
 - б) връзката между натрий и хлор е ковалентна полярна;
 - в) натриевият хлорид има метална кристална решетка;
 - г) йонът с отрицателен заряд има 18 електрона.
- 7 Изберете вярното твърдение:
 - а) Електроните от най-близкия до ядрото електронен слой имат най-ниска енергия.
 - б) Електроните от най-близкия до ядрото електронен слой се привличат от ядрото най-слабо.
 - в) С отдалечаване от ядрото енергията на електроните намалява.
 - г) Колкото по-силно ядрото привлича електроните, толкова по-свободно се движат те.

8. Металната връзка се осъществява:
- между метал и неметал;
 - само в съединения на алкални метали;
 - между метален йон/атом и електронен „газ“;
 - само в съединения на металите в твърдо състояние.
9. Химичен елемент, чийто атом в основно състояние съдържа два електрона в М-слоя си:
- има метален химичен характер;
 - образува амфотерен оксид;
 - в съединенията си проявява променлива валентност;
 - има пореден номер 2.
10. Изберете вярното твърдение:
- Диамантът не е електропроводим и има ниска топлопроводност.
 - Фулерените са електропроводими и имат висока топлопроводност.
 - Диамантът може да се превърне в графит при сублимиране.
 - Графитът може да се превърне в диамант в земната кора.
11. Като азотни торове се използват различни видове нитрати. За наторяване били използвани по 10 kg от три вида тор: амониев нитрат, калциев нитрат и калиев нитрат. В кой ред трите вида тор са подредени в низходящ на внесен азот в почвата:
- амониев нитрат, калциев нитрат, калиев нитрат;
 - калциев нитрат, амониев нитрат, калиев нитрат;
 - калиев нитрат, калциев нитрат, амониев нитрат;
 - амониев нитрат, калиев нитрат, калциев нитрат.
12. Ако в един наситен въглеводород има толкова въглеродни атома ^{12}C и ^{13}C , че средната им маса е 12,2, то какво е молното съотношение $^{12}\text{C}:^{13}\text{C}$?
- 2:1
 - 100:1
 - 3:2
 - 4:1
13. Сред изобразените формули има два изомера и един хомолог на съединението 3-метилпентан. Коя е вярната комбинация?

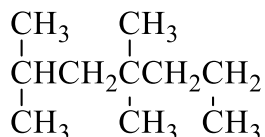


Отговор	Изомери	Хомолог
а)	I III	V
б)	I IV	V
в)	II IV	III
г)	III V	II

14 Колко продукта на дизаместване се получават при взаимодействие на 2-метилпропан с хлор при облъчване със светлина?

- а) 1 б) 2 в) 3 г) 4

15 Колко е броят на третичните въглеродни атоми в този алкан?



- а) 0 б) 1 в) 2 г) 3

ВТОРА ЧАСТ

Задача 1

Газообразна при 30 °С смес от два изомерни алкана (**A** и **B**) с маса 0,100 g се изгаря в излишък от чист кислород. Получават се 0,305 g CO₂ и 0,150 g H₂O.

- 1 Определете масовото процентно съдържание на въглерод и водород в съединенията и молекулната формула на алканите **A** и **B**.
- 2 Кой е въглеводородът **A**, ако при взаимодействието му с хлор при облъчване се получава само едно моноклорно производно? Изразете получаването му с изравнено уравнение, като запишете **A** и продукта със структурни формули и ги наменувате по IUPAC.
- 3 Кой е алканът **B**, ако при взаимодействието му с хлор при облъчване се получават четири изомерни моноклоропроизводни. Запишете **B** и продуктите на моноклориране със структурни формули и ги наменувайте по IUPAC.

Задача 2

Минералите се класифицират според химичния състав и структурата си. Две от разновидностите на минерала берил са скъпоценните камъни смарагд (известен и като изумруд) и аквамарин. Те имат еднакъв химичен състав, за който е известно:

- ✓ съставени са от три оксида – на берилий, силиций и оксида на неизвестния химичен елемент **X**;
- ✓ химичният елемент **X** е тривалентен;
- ✓ масовата част на кислорода в оксида на **X** е 53,58 %;
- ✓ молното съотношение между трите оксида: на берилий, на **X** и на силиций, е съответно 3:1:6.

Цветът на тези скъпоценни камъни: светло зелен за смарагда, и от синьо-зелен до светло син за аквамарина се определя от съдържанието на примеси от метални оксиди (на желязо, ванадий и хром). Тези примеси се намират в ниско съдържание и затова ги пренебрегнете при изчисленията!

- 1 Изчислете молната маса (по емпиричната формула) на берила.
- 2 Определете кой е химичният елемент **X**, като обосновайте отговора си с изчисления. Изобразете разпределението на електроните по електронни слоеве за берилий, силиций и химичния елемент **X**.

- 3 Какъв вид според химичните си отношения е оксидът на **X**? Обосновете отговора си.
- 4 Изразете с изравнени химични уравнения взаимодействието на **X** с хлор и със солна киселина, както и взаимодействието на оксида на **X** със солна киселина.
- 5 Химичният елемент **X** се използва в металургията за извличане на метали от техни руди. Изразете с изравнено химично уравнение взаимодействието на химичния елемент **X** с Fe_2O_3 . Как се нарича този метод?
- 6 Посочете поне още едно приложение в практиката на елемента **X**.

Задача 3

В изграждането на инфраструктурата на съвременните градове използването на мрамор, от който са построени много монументи от историческа значимост, е изместено от гранит – съставен от около 72% SiO_2 . Една от причините за това са киселинните дъждове. Макар че те могат да бъдат предизвикани от природни явления (вулканични изригвания), повече от 90% от киселинните дъждове са в резултат на човешка дейност (индустрия, транспорт и др.).

Ето един пример: За 1 час в България се изразходват средно 80 000 литра гориво (плътност 0,745 kg/L). В състава на горивото се съдържат примеси от химичните елементи **A** и **B**, при изгарянето на които се отделят три оксида: един оксид на химичния елемент **A** и два – на химичния елемент **B**. Тези оксиди са директни или индиректни причинители на киселинните дъждове и в присъствие на влага водят до разрушаване на мраморните монументи:

- ✓ в присъствие на оксида на **A** на повърхността на монумента се образува ронлив и лесно отмиващ се слой от веществото **Г** (**реакция 1**).
- ✓ в присъствие на един от оксидите на **B** повърхностния слой на монумента се разтваря (**реакция 2**).

- 1 Какъв е основният химичен компонент на мрамора?
- 2 Кои са елементите **A** и **B**, както и трите съответстващи им оксида? Какъв вид според химичните си отношения са тези оксиди? Обосновете отговора си. Кой от тези оксиди и защо е индиректен причинител на киселинните дъждове?
- 3 Изразете с изравнени химични уравнения реакциите с кислород и вода на всички оксиди на химичните елементи **A** и **B**, които могат да се получат в атмосферата.
- 4 Напишете с изравнени химични уравнения по един пример за **реакции 1** и **2**, свързани с разрушаването на мраморните монументи. Кое е веществото **Г**?
- 5 Ако нормата за съдържание на химичния елемент **A** в горивото се намали от 175 mg/L до $5 \cdot 10^{-3} \%$ (масови), с колко литра ще намалеят емисиите на оксида на **A**, отделени за 1 час при 0 °C, 1 atm? ($V_m = 22,4 \text{ L/mol}$)

IV Група

Задача 1

При пълно изгаряне на 500,0 mL 2-метилбутан (изопентан) с плътност (при 20 °C и 1 atm) 620,1 g/L се отделя 15,058 MJ топлина. Образуваната при реакцията вода е в течно състояние.

- 1 В какво състояние е 2-метилбутанът (твърдо, течно или газообразно) при 20 °C и 1 atm?
- 2 Изчислете молната топлина на изгаряне на 2-метилбутан.
- 3 Изразете реакцията с термохимично уравнение. Напишете 2-метилбутана със съкратена структурна формула.
- 4 Изчислете молната топлина на изгаряне на 2-метилбутан, в случай че образуващата се вода е в газообразно състояние. При изпарение на 1 mol вода се поглъщат 44,0 kJ топлина.
- 5 Като знаете, че топлината на образуване на течната вода е 285,8 kJ/mol, а топлината на образуване на другия продукт на горенето е 393,5 kJ/mol, определете топлината на образуване на изопентан (в състоянието, в което се намира при 20 °C и 1 atm).
- 6 Колко от всички споменати химични и физични процеси са ендотермични и кои са те?
- 7 Начертайте графика на енергетичния ход на процеса на горене на 2-метилбутан, като означите буквено топлинния ефект по подходящ начин.
- 8 В кой случай очаквате скоростта на горене да е по-висока – с газообразен или с течен 2-метилбутан? Аргументирайте се.

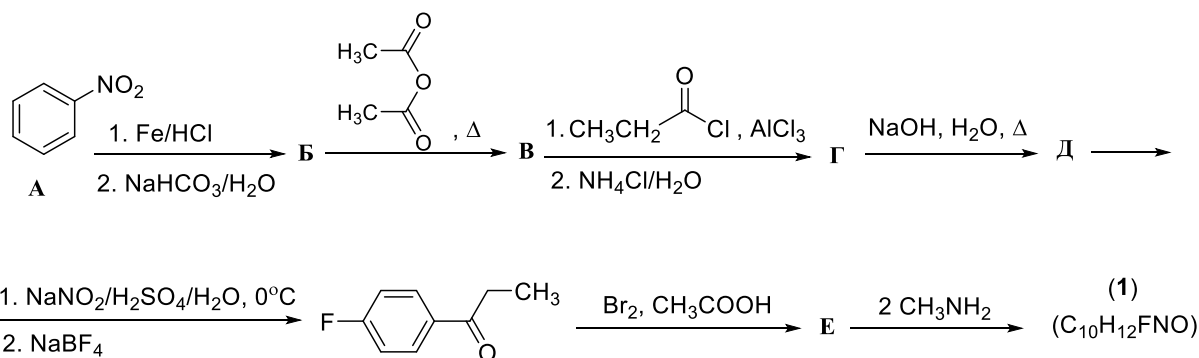
Топлините на образуване на трите конституционни (структурни) изомери на пентана в газообразно състояние могат да се подредят в следния ред:

$$Q_{\text{обр}}(\text{пентан}_{(г)}) < Q_{\text{обр}}(\text{изопентан}_{(г)}) < Q_{\text{обр}}(\text{неопентан}_{(г)})$$

- 9 Подредете чрез аналогично неравенство топлините на изгаряне на същите три изомера в същото състояние, при условие че и всеки от образуващите се продукти е в едно и също състояние и в трите случая.

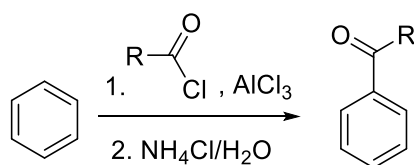
Задача 2

4-ФМС (съединение (1)) се използва като психостимулант. На схемата е представен метод за синтез на съединението (1):



За реакциите от схемата е известно:

Бензенът и съединенията, съдържащи бензеново ядро, участват в реакцията с киселинни хлориди в присъствие на AlCl_3 . Тази реакция се нарича ацилиране по Фридел-Крафтс.



- 1 Напишете химичните уравнения от схемата.
- 2 По схемата съединението (1) се получава като смес от стереоизомери.

Като използвате Фишерови проекционни формули, напишете стереоизомерите на (1). Какъв вид стереоизомери са те?

Задача 3

Минералът фаматинит (Cu_3As_4) се състои от Cu, S и химичния елемент А. При взаимодействие на Cu_3As_4 с концентрирана HNO_3 протича реакцията:



Продуктът Б е газ с плътност 0,186 g/L при налягане 0,100 bar и температура 298 K.

- 1 Кой е газът Б? Обосновете отговора си с изчисления. (1 bar = 10^5 Pa)
- 2 Изравнете уравнението на взаимодействието на Cu_3As_4 с к. HNO_3 .

За пълното взаимодействие на 1,000 g Cu_3As_4 са необходими 5,264 mL к. HNO_3 (68,00%, с плътност 1,398 g/mL при 298 K).

- 3 Пресметнете количеството вещество HNO_3 , съответстващо на 5,264 mL к. HNO_3 .
- 4 Кой е елементът А в минерала фаматинит? Обосновете отговора си с изчисления.

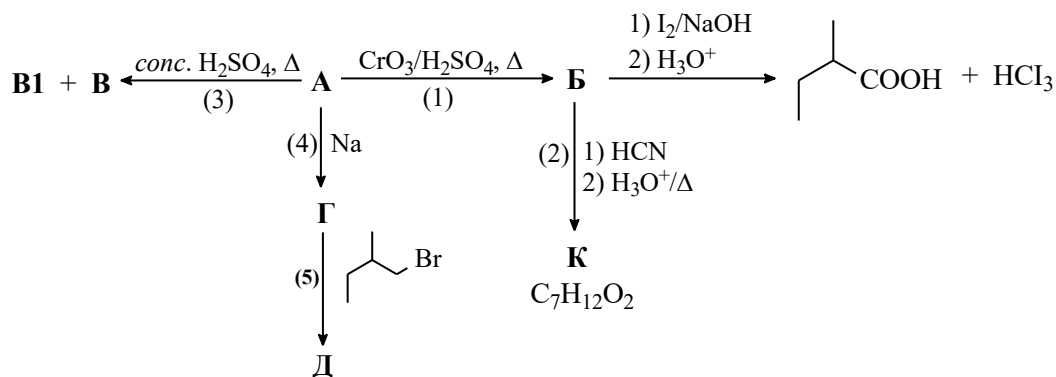
Уравненията от условия 5 и 6 може да запишете и с означението А, ако не сте познали неизвестния елемент.

- 5 Хидридът на А се получава при взаимодействие на A_2O_5 с Zn и разредена H_2SO_4 . Изразете взаимодействието с изравнено химично уравнение.
- 6 При нагряване на AH_3 се получава черно огледало от елемента А. Изразете процеса с изравнено химично уравнение.

Задача 4

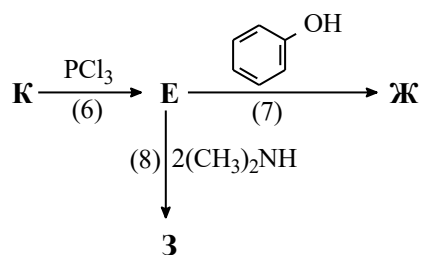
Съединението А е съставка на хмела, който се използва при производството на бира. Използва се като изходно съединение за получаване на разнообразни, ценни за практиката, продукти във фармацевтичната и парфюмерийна промишлености.

Съединението А има два хирални (асиметрични) въглеродни атоми, не взаимодейства с NaOH, но взаимодейства с Na и участва в превръщанията от схемата:



- 1 Напишете структурната формула на съединението **A**, означете асиметричните въглеродни атоми със звездичка и го наименувайте по IUPAC.
- 2 Запишете уравненията за процесите (1) – (5). Съединенията **B** и **B1** са изомери. Напишете структурните им формули (под всяка от структурите поставете съответното означение – **B** или **B1**) ако знаете, че **B** е основният продукт на превръщане (3).

Съединението **K** има два геометрични изомера. (*Z*) изомерът на съединението **K** участва в следните превръщания:



- 3 Напишете структурните формули на геометричните изомери на **K**.
- 4 Напишете химичните уравнения на превръщанията от схемата и наименувайте по IUPAC съединенията **K**, **E**, **Ж** и **З**.

Допълнителна информация: взаимодействието на **B** с I_2/NaOH се нарича йодоформна реакция и се използва за доказване на кетони с крайна метилова група. В резултат на взаимодействието се получава жълта утайка от получения йодоформ и сол на съответната карбоксилна киселина. При необходимост карбоксилната киселина може да бъде изолирана след последващо подкиселяване.

ПРИМЕРНИ ОТГОВОРИ И РЕШЕНИЯ НА ЗАДАЧИТЕ

III Група

ЧАСТ ПЪРВА

Въпрос	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Отговор	В	В	Б	В	Г	Г	А	В	А	Г	А	Г	Г	В	Б

ЧАСТ ВТОРА

Задача 1

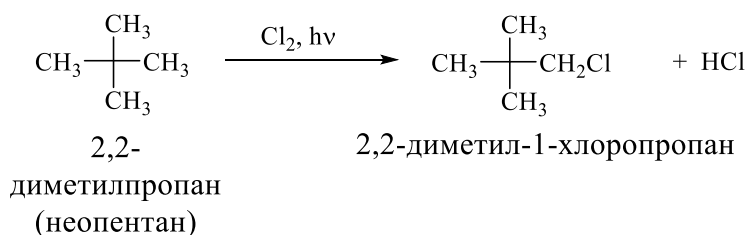
$$1) \quad w(\text{C}) = \frac{0,305 \text{ g} \times 12,011 \text{ g/mol}}{44,009 \text{ g/mol} \times 0,100 \text{ g}} = 0,8324 \text{ (83,24\%)}$$

$$w(\text{H}) = \frac{0,150 \text{ g} \times 2 \times 1,008 \text{ g/mol}}{18,015 \text{ g/mol} \times 0,100 \text{ g}} = 0,1679 \text{ (16,79\%)}$$

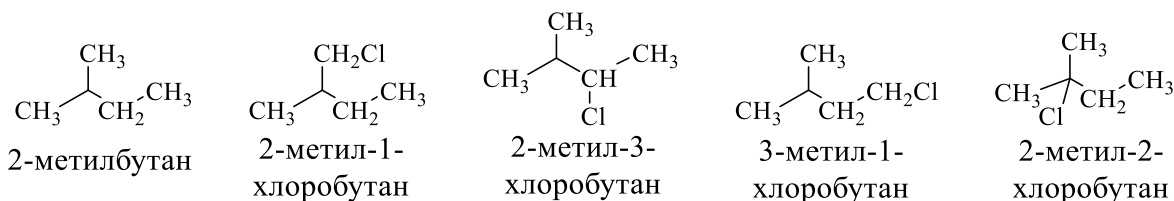
$$n(\text{C}) : n(\text{H}) = 0,00693 : 0,0167 = 1 : 2,41$$

=> Коефициенти в емпиричната формула: 5 : 12; молекулна формула: **C₅H₁₂**

2)



3)



Задача 2

1) Според данните от условието:

- ✓ оксидът на X е X₂O₃;
- ✓ съставът на берил е: (BeO)₃(X₂O₃)(SiO₂)₆

$$w(\text{O}) = \frac{18M(\text{O})}{M(\text{берил})} = 0,5358$$

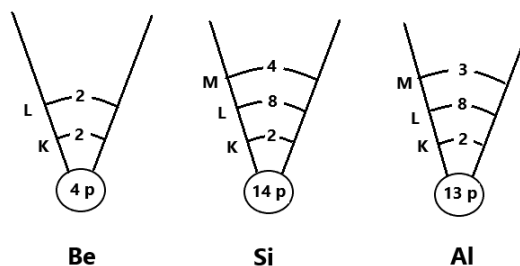
$$\frac{18 \times 15,999}{M(\text{берил})} = 0,5358 \Rightarrow M(\text{берил}) = 537,5 \text{ g/mol}$$

2) $M(\text{берил}) = 3M(\text{Be}) + 2M(\text{X}) + 6M(\text{Si}) + 18M(\text{O})$

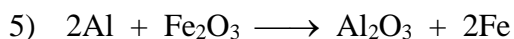
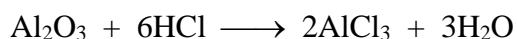
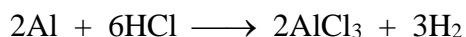
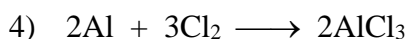
$$537,5 = 3 \times 9,012 + 2M(\text{X}) + 6 \times 28,086 + 18 \times 15,999 \Rightarrow M(\text{X}) = 26,98 \text{ g/mol}$$

$$\Rightarrow \mathbf{X = Al} \quad (M(\text{Al}) = 26,98 \text{ g/mol})$$

Разпределение на електроните по електронни слоеве:



3) Al_2O_3 (X_2O_3) има амфотерни химични свойства, взаимодействия с киселини и основи.



Методът е алуминотермия.

6) В самолетостроенето (за изработване на съдове в домакинството, или всяко друго вярно приложение).

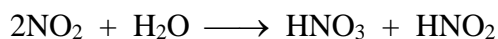
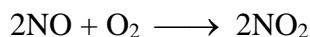
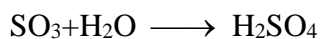
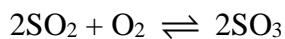
Задача 3

1) CaCO_3

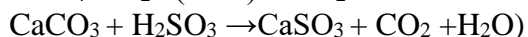
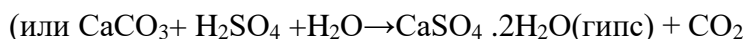
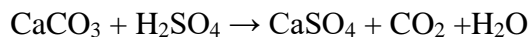
2) **A** е S, а оксидът е SO_2 (при горене на **A** се получава един оксид) **B** е N, (при горене на **B** се получават два оксида), това са NO (индиректен причинител) и NO_2 .

SO_2 и NO_2 имат киселинен характер – взаимодействат с вода до получаване на киселина, с основни оксиди и хидроксида.

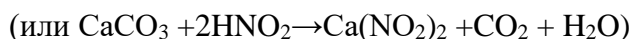
NO е неутрален оксид - не взаимодейства с вода, киселини и основи. Той е индиректният причинител на киселинните дъждове, защото се превръща в NO_2 .



4) Пример за **реакция 1**:



Пример за **реакция 2**:



Г е $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

5) $m(\text{горивото}) = V(\text{гориво}) \times \rho = 80\,000 \text{ L} \times 0,745 \text{ kg/L} = 59\,600 \text{ kg}$ (изгорено за 1 час) при $\rho(\text{S}) = 175 \text{ mg/L}$:

$$m_1(\text{S}) = \rho(\text{S}) \times V = 175 \text{ mg/L} \times 80\,000 \text{ L} = 1,40 \times 10^7 \text{ mg} = 1,40 \times 10^4 \text{ g}$$

$$n_1(\text{S}) = m_1(\text{S}) / (M(\text{S})) = 1,40 \times 10^4 \text{ g} / (32,066 \text{ g/mol}) = 4,37 \times 10^2 \text{ mol}$$

от реакцията $S + O_2 \longrightarrow SO_2 \Rightarrow n(SO_2) = n(S) = 4,37 \times 10^2 \text{ mol}$

$$V_1(SO_2) = n_1(S) \times V_m = 4,37 \times 10^2 \text{ mol} \times 22,4 \text{ L/mol} = 9,79 \times 10^3 \text{ L}$$

при $w(S) = 0,005\%$:

$$m_2(S) = m(\text{гориво}) \times w(S) = 59\,600 \text{ kg} \times \frac{0,05}{100} = 2,98 \text{ kg} = 2,98 \times 10^3 \text{ g}$$

$$n_2(S) = \frac{m_2(S)}{M(S)} = \frac{2,98 \times 10^3 \text{ g}}{32,066 \text{ g/mol}} = 92,9 \text{ mol}$$

$$V_2(SO_2) = n_2(S) \times V_m = 92,9 \text{ mol} \times 22,4 \text{ L/mol} = 2,08 \times 10^3 \text{ L}$$

Емисиите на SO_2 ще намалееят с

$$V_1(SO_2) - V_2(SO_2) = 9,79 \times 10^3 - 2,08 \times 10^3 = 7,71 \times 10^3 \text{ L}$$

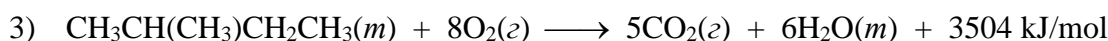
IV Група

Задача 1

1) Течно състояние.

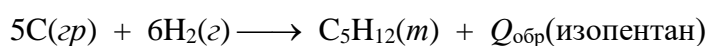
$$2) n(\text{изопентан}) = \frac{\rho(\text{изопентан}) \times V(\text{изопентан})}{M(\text{изопентан})} = \frac{0,6201 \text{ g/mL} \times 500 \text{ mL}}{72,15 \text{ g/mol}} = 4,2974 \text{ mol}$$

$$Q_{\text{изг}}(\text{изопентан}) = \frac{Q_{\text{отделена}}}{n(\text{изопентан})} = \frac{15058 \text{ kJ}}{4,2974 \text{ mol}} = 3504 \text{ kJ/mol}$$

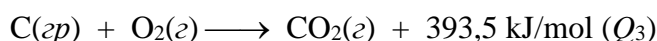
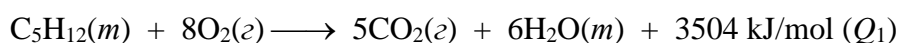


$$4) Q_{\text{изг}}(\text{изопентан}, \text{H}_2\text{O}(g)) = Q_{\text{изг}}(\text{изопентан}, \text{H}_2\text{O}(m)) + 6 \times Q_{\text{изп}}(\text{H}_2\text{O}) = \\ = \frac{3504 \text{ kJ}}{\text{mol}} + 6 \times (-44) \text{ kJ/mol} = 3240 \text{ kJ/mol}$$

5) От интерес е топлинният ефект, съответстващ на уравнение



Използват се термохимичните уравнения на трите реакции с известни топлинни ефекти

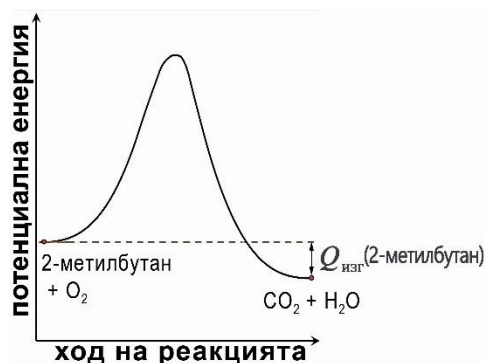


След преобразувания съгласно закона на Хес се получава

$$Q_{\text{обр}}(\text{изопентан}(m)) = 6Q_2 + 5Q_3 - Q_1 = \\ = 6 \times 285,8 \text{ kJ/mol} + 5 \times 393,5 \text{ kJ/mol} - 3504 \text{ kJ/mol} = 178,3 \text{ kJ/mol}$$

6) Само един – изпарението на водата

7)



Трябва да става ясно в каква посока тече реакцията – може само чрез надписана абсциса, може чрез записани реагенти и продукти.

Трябва да присъства преходното състояние, но не е необходимо да е означено като такова.

Приема се и ако по ордината е записано „енергия“.

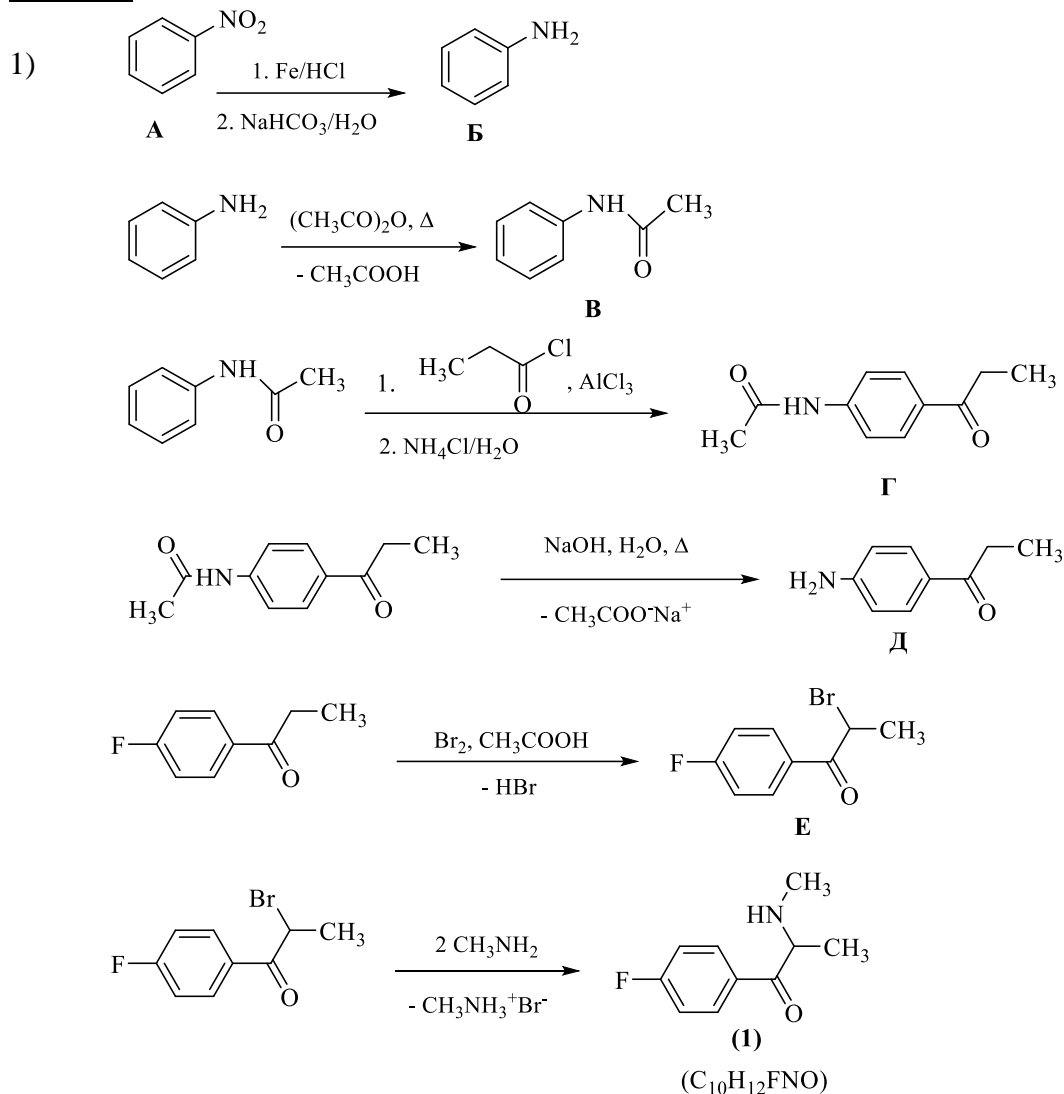
8) Скоростта е по-висока с газообразен 2-метилбутан, защото тогава молекулите на реагентите са в по-добър контакт помежду си.

9) От закона на Хес (и предното условие) се вижда, че

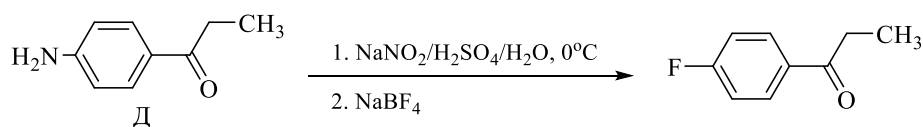
$$Q_{\text{изг}}(\text{C}_5\text{H}_{12}) = 6Q_2 + 5Q_3 - Q_{\text{обр}}(\text{C}_5\text{H}_{12})$$

Оттук следва, че $Q_{\text{изг}}(\text{пентан}(g)) > Q_{\text{изг}}(\text{изопентан}(g)) > Q_{\text{изг}}(\text{неопентан}(g))$

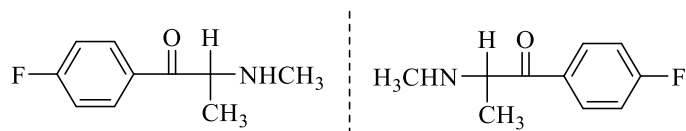
Задача 2



*Следното превръщане се извършва по реакцията на Шиман.



2) Съединенията са енантиомери.



Задача 3

$$1) \quad M(\text{Б}) = \rho V_m = \rho \frac{RT}{p} = \frac{0,186 \times 8,314 \times 298}{0,100 \times 10^5} = 0,0461 \text{ kg/mol} = 46,1 \text{ g/mol}$$

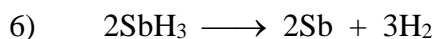
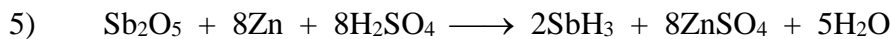
Тъй като **Б** е оксид на азота от $M(\text{Б}) = 46,1 \text{ g/mol} \Rightarrow \text{Б} = \text{NO}_2$



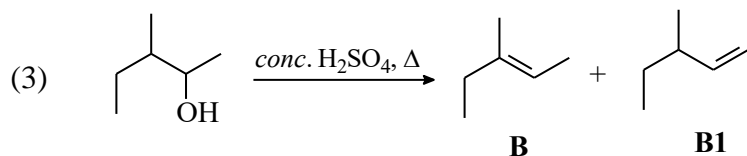
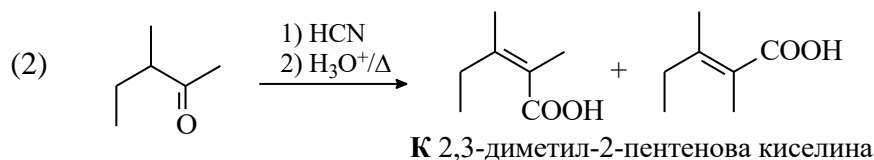
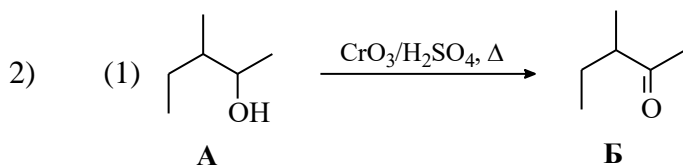
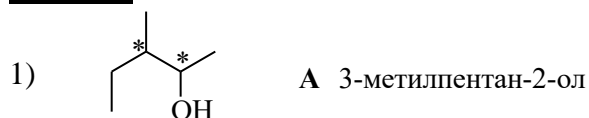
$$3) \quad n(\text{HNO}_3) = \frac{w(\text{HNO}_3) \rho V}{M(\text{HNO}_3)} = \frac{0,6800 \times 1,398 \times 5,264}{63,006} = 0,07942 \text{ mol}$$

$$4) \quad M(\text{Cu}_3\text{As}_4) = \frac{m(\text{Cu}_3\text{As}_4)}{n(\text{Cu}_3\text{As}_4)} = \frac{m(\text{Cu}_3\text{As}_4)}{n(\text{HNO}_3)/35} = \frac{1,000}{0,07942/35} = 440,7 \text{ g/mol}$$

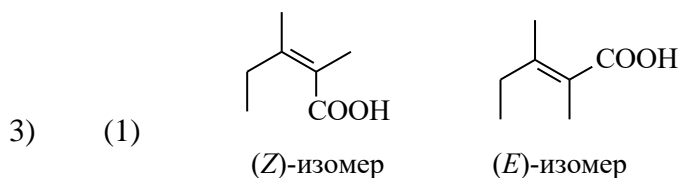
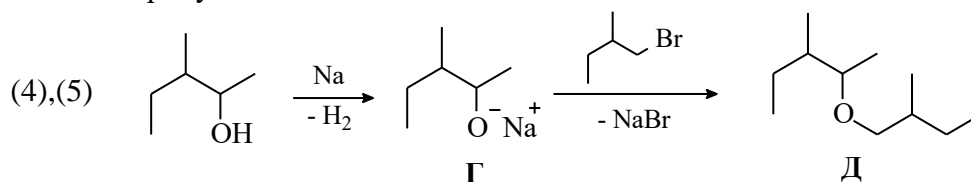
$$M(\text{A}) = M(\text{Cu}_3\text{As}_4) - 3M(\text{Cu}) - 4M(\text{S}) = 121,8 \text{ g/mol} \Rightarrow \text{A} = \text{Sb}$$



Задача 4



Основният продукт е съединението **B**.



K (2,3-диметил-2-пропенова киселина)

